

积石峡水电站中孔泄洪洞平板工作闸门槽 压强降落系数试验

李擎坤¹, 刘韩生², 薛 阳²

(1. 新疆水利水电勘测设计研究院, 新疆 乌鲁木齐 830000; 2. 水利部西北水利科学研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要 高速水流有压泄洪洞一般采用弧形工作闸门, 积石峡水电站中孔泄洪洞由于条件限制, 被迫采用平板工作闸门, 通过水力模型试验研究其工作闸门槽压强降落系数特性, 分析不同水位、不同高程、不同闸门开度的特性。试验结果表明, 闸门开度是最主要的影响因素, $0.3H$ 开度时压强降落系数曲线变幅达到最大, 测压点高程对压强降落系数的影响相对较小, 在试验范围内, 上游库水位对压强降落系数的影响可以忽略。

关键词 压强降落系数; 工作门槽; 泄洪洞; 积石峡水电站

中图分类号: TV653 文献标志码: A 文章编号: 1006-7647(2012)S1-0066-04

短有压进口是一种常见的高水头泄洪洞进口体型, 已进行了大量的研究, 广泛应用于水利水电枢纽工程泄洪洞, 一般情况下, 设两道闸门, 一道为平板事故检修闸门, 另一道为弧形工作闸门^[1-2]。积石峡水电站中孔泄洪洞由于地址条件制约, 不便修建弧形工作闸门, 不得不采用平板工作闸门, 故只能接受平板工作门槽, 布置于有压出口^[3-4]。鉴于对工作门槽研究较少, 本文通过水力模型试验研究其工作门槽压强降落系数特性, 以便更有效地反映压强变化规律, 了解泄洪洞平面工作闸门槽体型的空化特性, 供类似工程参考。

积石峡水电站中孔泄洪洞进口为岸塔式短有压进口, 进水塔长 45 m, 宽 15 m, 顶部高程 1 861.00 m, 进水口底板高程 1 804.00 m。表 1 列出特征水位及工作水头。进水口为喇叭口型, 顶部及侧墙均为椭圆形曲线, 顶部曲线方程为 $x^2/13.6^2 + y^2/4.5^2 = 1$; 侧墙曲线为 $x^2/5^2 + y^2/1.7^2 = 1$ 。进口段桩号 0 + 03.47 设 8 m × 13.6 m 的平面事故门, 由 4 000 kN 的固定式卷扬机启闭。桩号 0 + 017.35 设 8 m × 11 m 的平面工作门, 由 6 300 kN 的固定式卷扬机启闭。顶部压板斜率在工作门前为 1:4.3。进水口布置如图 1 所示。

表 1 水库特征水位

特征水位	高程/m	工作水头/m
正常蓄水位	1 856.00	52.0
设计洪水位	1 854.00	50.0
校核洪水位	1 860.40	56.4
汛限制水位	1 854.00	50.0

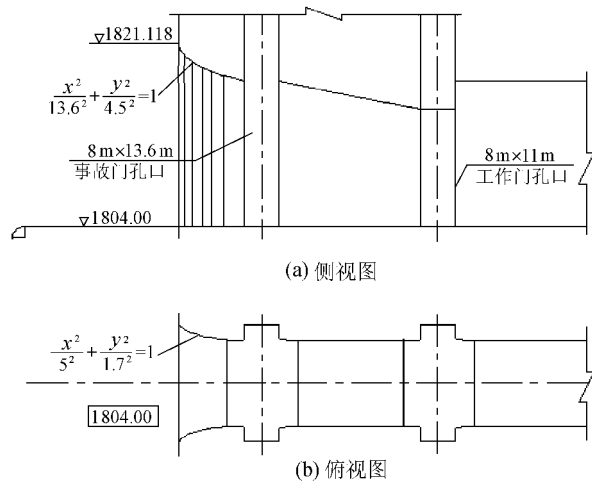


图 1 进水口布置(高程单位: m)

门槽的宽深比为 1.93(宽 2.7 m, 深 1.4 m), 错距 0.32 m, 圆角半径 $R = 0.14$ m, 斜坡坡度 1:20, 如图 2 所示。

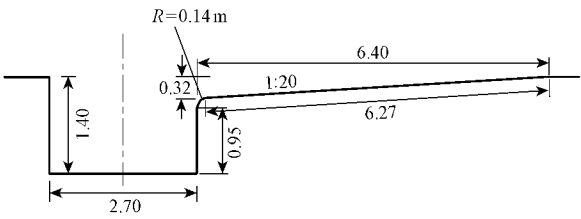


图2 门槽体型(单位:m)

1 试验简介

试验模拟整个泄洪洞,模型比尺 1:40,全部用有机玻璃制作,满足糙率相似要求^[5-10]。试验在门槽附近区域的边壁及底板上共布置了 70 个测压管,来测量门槽附近区域的压强分布。在门槽内边壁上共布置了不同高程的 5 排测压管,门槽下游附近边壁布置了不同高程的 3 排测压管,同时在下流角隅处布置了 69 号、70 号、12~14 号和 66~68 号测压管。测压管布置见图 3。试验观测了各种运行工况的压强值,得到了其压强降落系数值。

压强降落系数 C 的定义式为

$$C = \frac{H - z_i - h_i}{v^2/2g} \quad (1)$$

式中: H 为上游库水位; z_i 为 i 点的高程; h_i 为 i 点的测压管水柱高; v 为矩形闸孔的断面平均流速; g 为重力加速度。

压强降落系数是重要的水力参数,可以更有效地反映压强变化规律,其成果更具有普遍性,便于类似工程参考。故本文分析压强降落系数特性。

2 水位对压强降落系数的影响

为了便于比较分析,绘试验结果图时将门槽展开成直线,横坐标 L 为门槽展开线上任一点到门槽上游角隅点的距离, D 为门槽高度。

位于高程 1 804.64 m 处的测压点,在各个开度下都在清水水面以下。图 4 给出了 1 804.64 m 处测压点在闸门不同开度下,不同水位的压强降落系数曲线。

从图 4 中可以明显看出,在不同闸门开度下,不同水位的压强降落系数曲线重合性很好,说明试验

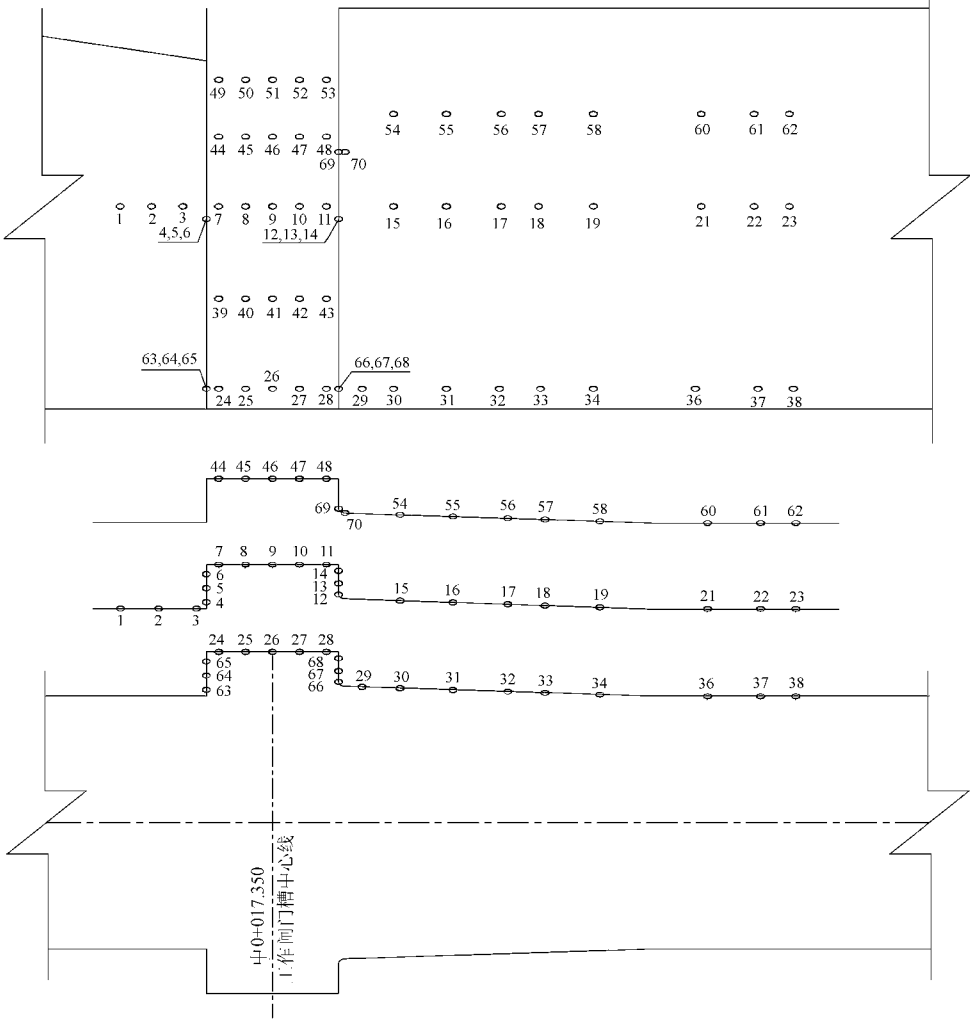


图3 测压管布置

范围内,压强降落系数与上游库水位无关^[11-13]。

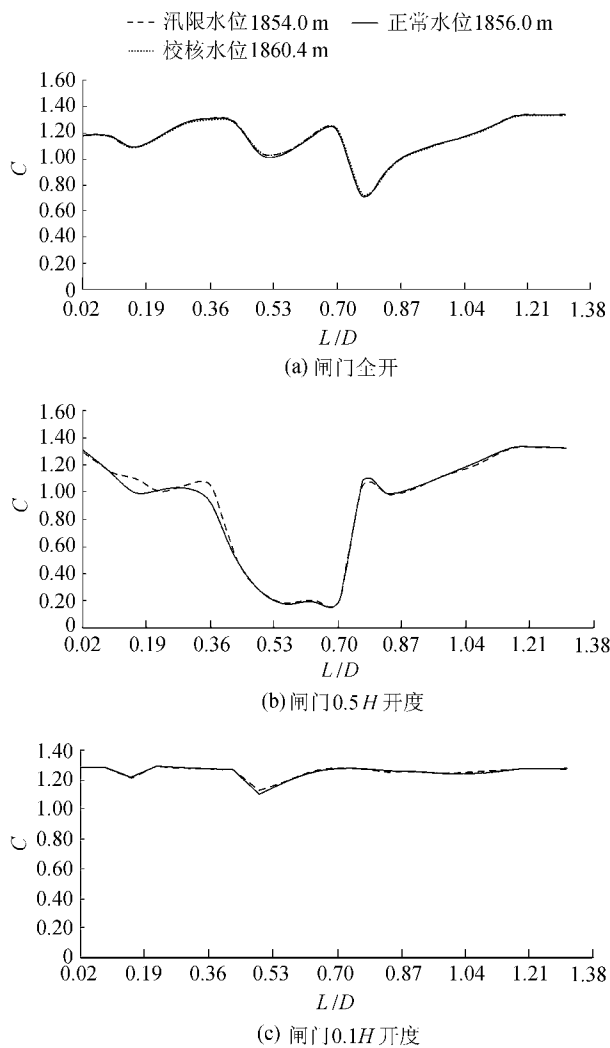


图4 各闸门开度下不同水位的压强降落系数

3 测压点高程对压强降落系数曲线的影响

只有在闸门全开时,较高处的测压点才能测到压强值,并且试验范围内压强降落系数与上游库水位无关,所以图5和图6分别给出了闸门全开、校核水位1860.4 m时门槽内边壁和门槽下游边壁的压强降落系数曲线。

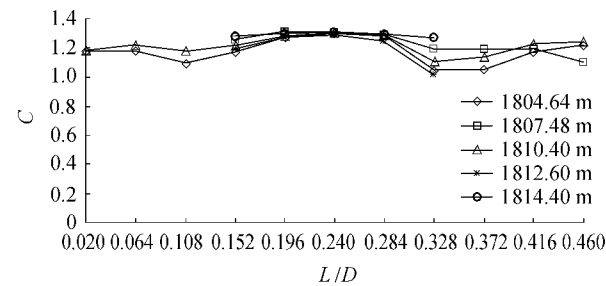


图5 门槽内边壁不同高程的压强降落系数

从图5可以看出,随着门槽内测压点高程从1804.64 m升高到1814.40 m,门槽内各高程处的压

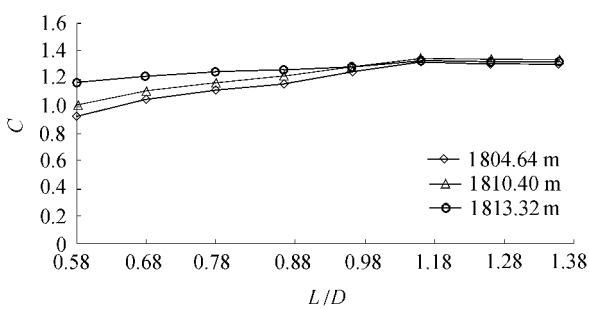


图6 门槽下游边壁不同高程的压强降落系数

强降落系数相差不大,最大差值为0.22;从图6可以看出,随着门槽下游边壁测压点高程从1804.64 m升高到1813.32 m,门槽下游边壁各高程处的压强降落系数同样相差不大,最大差值为0.25,而且随着远离门槽,不同高程处的压强降落系数曲线重合性越好。总的来看,高程对压强降落系数的影响相对较小^[4,11]。

4 闸门开度对压强降落系数曲线的影响

从前面的分析可以看出,试验范围内压强降落系数与上游库水位无关,图7列举了上游库水位在正常水位1856.0 m时,不同闸门开度下的压强降落系数曲线。

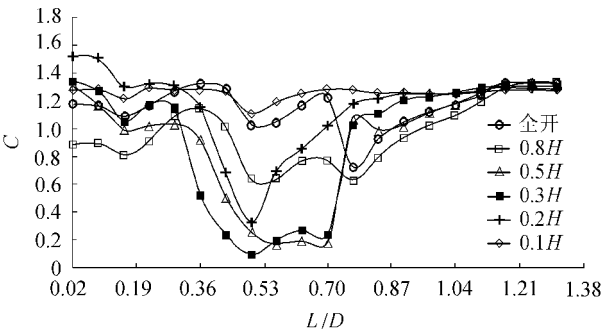


图7 1856.00 m水位不同闸门开度的压强降落系数

从图7可以看出,压强降落系数曲线受闸门开度变化影响较大^[11-12,14-15],它的影响远比测压点高程对压强降落系数的影响要大。不同闸门开度下,压强降落系数曲线的重合性较差,说明闸门开度对门槽压强分布影响较大。从图7还可以看出,由于门槽的存在,边界发生变化,压强降落系数曲线沿程变化,0.3H开度时压强降落系数曲线变幅达到最大,随着闸门开度继续降低,压强降落系数的变化幅度减小,在0.1H闸门开度时压强降落系数曲线变幅最小;当闸门开度大于0.3H时,压强降落系数的变化幅度随着开度的增加也在减小。这主要是因为:当开度大于0.3H,闸门开度越大,门槽内水流漩涡越不明显,门槽压强分布越均匀;当开度小于

0.3H 闸门开度越小,门槽内水流漩涡的空腔越大,闸门后两侧的水翅也越强烈,但水翅顶部高程降低,这种流态对泄水道的正常运行影响不大,压强分布也趋于均匀。在门槽下游,越远离门槽,压强降落系数曲线变幅越小,曲线的重合性越好,当 $L/D \geq 1.15$ 时,压强降落系数趋于常数,与闸门开度无关。

5 结 论

通过分析不同工况下门槽处的压强降落系数及其分布规律,可以看出,闸门开度是影响压强降落系数最主要的因素,0.3H 开度时压强降落系数曲线变幅达到最大,测压点高程对压强降落系数的影响相对较小,在试验范围内,上游库水位对压强降落系数的影响可以忽略。

参考文献：

[1] 祁庆和.水工建筑物[M].北京:中国水利水电出版社,1997.
[2] SL 258—2003 水利水电工程进水口设计规范[S].
[3] 薛阳,刘韩生,安梦雄.积石峡水电站中孔泄洪洞平板工作闸门槽空化特性研究[J].水力发电学报,2009 (3):154-158.

[4] 薛阳.积石峡水电站中孔泄洪洞平板工作闸门槽空化特性研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2008.
[5] 肖兴斌,王业红.高压闸门的水力特性试验研究与应用[J].长江职工大学学报,2000,17(3):1-5.
[6] 刘树生.万家寨排沙系统出口工作门槽设计[J].水利水电工程设计,1999(1):44-46.
[7] 张卓.门槽水流的数值模拟及其空化特性研究[D].南京:河海大学,2007.
[8] SL 155—95 水工(常规)模型试验规程[S].
[9] SL 156—95 水流空化模型试验规程[S].
[10] 吴健强.门槽空化特性及数值模拟研究[D].成都:四川大学,2005.
[11] 王庆宜,李燕,王久晟.响洪甸水电站泄洪隧洞出口门槽空蚀问题探讨[J].水利水电技术,1999(4):10-13.
[12] 王列.江口水电站斜门槽水力特性研究[J].长江科学院院报,2002,19(4):3-6.
[13] 黄荣彬,杨纪元,刘长庚.泄水孔斜交门槽的压力特性和空化特性[J].水力发电,1997(4):47-49.
[14] 袁新明,郑国华.脉动压强及压强梯度对不平整突体空化初生的影响[J].水动力学研究与进展,1990(3):56-64.
[15] 王国玉,曹树良.剪切层区域旋涡空化的发生机理[J].清华大学学报:自然科学版,2001,41(10):62-64.

(收稿日期 2011-05-19 编辑 熊水斌)

(上接第 52 页)

加筋层下面为土工泡沫材料层,综合考虑土工泡沫材料的挤压强度与上部砂土层下底面应力值,加筋土地基承载力特征值取 250 kPa,可得加筋土层需要提高的承载能力至少为 $\Delta f_R = 630 \text{ kPa} - 250 \text{ kPa} = 380 \text{ kPa}$ 。

故由式(3)可得要求加筋材料提高的承载力增量 $\Delta f = 28 \text{ kPa}$ 。

将该值代回式(2),解得土工格栅的允许抗拉强度 $T_a = 8.5 \text{ kN/m}$ 。选取的土工复合材料其抗拉强度在考虑强度折减后应达到这个要求,而实际工程应用中土工格栅的强度折减多为 2/3,即选取的土工格栅的抗拉强度指标应为 T_a 的 3 倍,即 25.5 kN/m。

假设加筋土的滑动面保持在加筋土层内,且达到土工泡沫材料层,则其下土层经过加筋后加筋材料能较为充分地发挥其作用,土体的黏聚力和承载力增大。

5 结 语

经计算分析,采用土工合成材料构筑复合结构

应急起降平台,可以为直升机在松软地域应急起降提供足够的承载能力,也为后期研究提供了一定的理论基础。

参考文献：

[1] 林华.民营直升机难园蓝天梦[J].企业导报,2004(1):47-48.
[2] 刘玉卓.公路工程软基处理[M].北京:人民交通出版社,2002.
[3] 罗伯特·霍隆杰夫.机场规划与设计[M].吴问涛,译.上海:同济大学出版社,1987.
[4] 王钊,王协群.土工合成材料加筋地基的设计[J].岩土工程学报,2000,22(6):731-733.
[5] 张晓范,吕志忠,姜继江,等.关于地基压力扩散角 θ 的取值方法的探讨[J].沈阳大学学报,2007,19(2):103-110.

(收稿日期 2011-09-15 编辑 骆超)